(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)**公開特許公報（A）**　(11)特許出願公開番号

特開平7－319092

(43)公開日　平成７年(1995)12月８日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	ＦＩ		技術表示箇所
Ｇ０３Ｂ　42/02	Ｚ				
	Ｂ				
Ａ６１Ｂ　6/00	３３３	0807－2Ｊ			
		0807－2Ｊ	Ａ６１Ｂ　6/ 00	３５０　Ｓ	
			Ｇ０６Ｆ　15/ 62	３９０　Ａ	

審査請求　未請求　請求項の数16　ＯＬ　（全 21 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平6－249614

(22)出願日　平成６年(1994)10月14日

(31)優先権主張番号　特願平6－62476

(32)優先日　平６(1994)３月31日

(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000005201
富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者　安田　裕昭
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地　富士写真フイルム株式会社内

(72)発明者　伊藤　渡
神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地　富士写真フイルム株式会社内

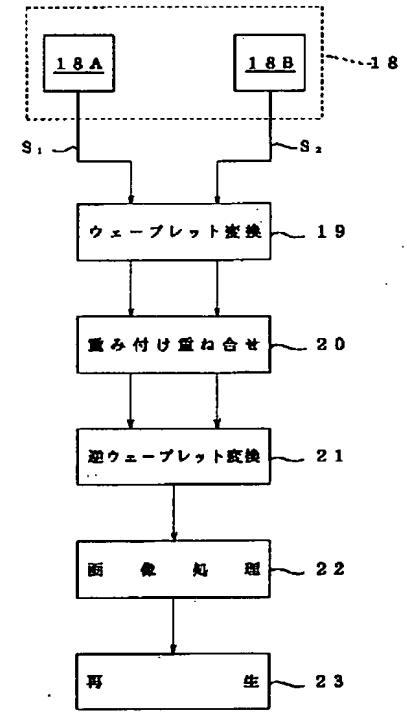
(74)代理人　弁理士　柳田　征史　（外１名）

(54)【発明の名称】　画像重ね合せ方法およびエネルギーサブトラクション方法

(57)【要約】

【目的】　画像の重ね合せおよびエネルギーサブトラクション方法において、信号対ノイズ比を高くする。

【構成】　メモリ18A，18B に記憶された２つの画像信号Ｓ１，Ｓ２をウェーブレット変換手段19に入力してウェーブレット変換を施し、複数の周波数帯域ごとの係数信号に分解する。次いで重み付け加算手段20において画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数帯域の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数帯域の重み付け係数に比して相対的に小さくして各周波数帯域ごとの係数信号を加算する。加算された係数信号を逆ウェーブレット変換手段21において逆ウェーブレット変換し、画像処理手段22において所定の画像処理を施し、再生手段23において可視像として再生する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項１】　同一被写体の放射線画像を担持する周波数特性が互いに異なる複数の画像信号に対して相対応する画素についての信号間で各画像信号に所定の重み付け係数を乗じて加算を行って加算信号を得る放射線画像の重ね合せ方法において、

前記各画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくさせることを特徴とする画像重ね合せ方法。

【請求項２】　前記各画像信号にフーリエ変換を施して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとのフーリエ変換係数信号に分解し、

該各フーリエ変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各フーリエ変換係数信号の加算を行って各周波数帯域ごとの加算フーリエ変換係数信号を得、

該加算フーリエ変換係数信号を逆フーリエ変換することにより画像の重ね合せを行うことを特徴とする請求項１記載の画像重ね合せ方法。

【請求項３】　前記各画像信号を多重解像度空間に変換して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとの変換係数信号に分解し、

該各変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各変換係数信号の加算を行って各周波数帯域ごとの加算変換係数信号を得、

該加算変換係数信号を逆変換することにより画像の重ね合せを行うことを特徴とする請求項１記載の画像重ね合せ方法。

【請求項４】　前記多重解像度空間への変換をウェーブレット変換により行うことを特徴とする請求項３記載の画像重ね合せ方法。

【請求項５】　前記放射線画像に含まれる前記被写体の部位に応じて到達線量の大きい部位の重み付け係数を到達線量の小さい部位に比して相対的に大きくさせることを特徴とする請求項１，３または４のいずれか１項記載の画像重ね合せ方法。

【請求項６】　前記各画像信号がアナログ画像信号であり、

該各アナログ画像信号のすべてについて、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該すべてのアナログ画像信号をフィルタリングし、

該フィルタリング後の各アナログ画像信号の加算を行うことにより画像の重ね合わせを行うことを特徴とする請求項１記載の画像重ね合せ方法。

【請求項７】　前記各画像信号がアナログ画像信号であり、

該各アナログ画像信号のうち所望とするアナログ画像信号について、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該所望とするアナログ画像信号をフィルタリングし、

2

該フィルタリング後のアナログ画像信号とそれ以外のアナログ画像信号との加算を行うことにより画像の重ね合わせを行うことを特徴とする請求項１記載の画像重ね合せ方法。

【請求項８】　前記複数の画像信号を、放射線画像が蓄積記録された１枚の蓄積性蛍光体シートの両面または片面に励起光を走査して前記放射線画像を輝尽発光光に変換し、該蓄積性蛍光体シートの両面から得られる輝尽発光光を各々光電的に読み取ることにより得ることを特徴とする請求項１から７のいずれか１項記載の画像重ね合せ方法。

【請求項９】　前記複数の画像信号を、放射線画像が蓄積記録された２枚の蓄積性蛍光体シートそれぞれに励起光を走査して前記放射線画像を輝尽発光光に変換し、該輝尽発光光を光電的に読み取ることにより得ることを特徴とする請求項１から７のいずれか１項記載の画像重ね合せ方法。

【請求項１０】　同一被写体を透過したそれぞれエネルギー分布が互いに異なる放射線により得られた少なくとも一部の画像情報が互いに異なる複数の放射線画像を検出することにより得られた複数の画像信号に対して相対応する画素についての信号間で各画像信号に所定の重み付け係数を乗じて減算を行って前記被写体の特定構造物の画像を形成する差信号を得るエネルギーサブトラクション方法において、

前記各画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくさせることを特徴とするエネルギーサブトラクション方法。

【請求項１１】　前記各画像信号にフーリエ変換を施して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとのフーリエ変換係数信号に分解し、

該各フーリエ変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各フーリエ変換係数信号の減算を行って各周波数帯域ごとの減算フーリエ変換係数信号を得、

該減算フーリエ変換係数信号を逆フーリエ変換することにより前記差信号を得ることを特徴とする請求項１０記載のエネルギーサブトラクション方法。

【請求項１２】　前記各画像信号を多重解像度空間に変換して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとの変換係数信号に分解し、

該各変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各変換係数信号の減算を行って各周波数帯域ごとの減算変換係数信号を得、

該減算変換係数信号を逆変換することにより前記差信号を得ることを特徴とする請求項１０記載のエネルギーサブトラクション方法。

【請求項１３】　前記多重解像度空間への変換をウェーブレット変換により行うことを特徴とする請求項１２記載のエネルギーサブトラクション方法。

【請求項１４】　前記放射線画像に含まれる前記被写体の部位に応じて到達線量の大きい部位の重み付け係数を到達線量の小さい部位に比して相対的に大きくさせることを特徴とする請求項１０，１２または１３のいずれか１項記載のエネルギーサブトラクション方法。

【請求項１５】　前記各画像信号がアナログ画像信号であり、

該各アナログ画像信号のすべてについて、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該すべてのアナログ画像信号をフィルタリングし、

該フィルタリング後の各アナログ画像信号の減算を行うことにより前記差信号を得ることを特徴とする請求項１０記載のエネルギーサブトラクション方法。

【請求項１６】　前記各画像信号がアナログ画像信号であり、

該各アナログ画像信号のうち所望とするアナログ画像信号について、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該所望とするアナログ画像信号をフィルタリングし、

該フィルタリング後のアナログ画像信号とそれ以外のアナログ画像信号との減算を行うことにより前記差信号を得ることを特徴とする請求項１０記載のエネルギーサブトラクション方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【産業上の利用分野】本発明は、同一被写体の放射線画像情報を担持する複数の画像信号の加算処理を行う放射線画像の重ね合せ処理方法および同一被写体の放射線画像情報を担持する複数の画像信号の減算処理を行うエネルギーサブトラクション方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】記録された放射線画像を読み取って画像信号を得、この画像信号に適切な画像処理を施した後、画像を再生記録することが種々の分野で行われている。たとえば、後の画像処理に適合するように設計されたガンマ値の低いフイルムを用いてＸ線画像を記録し、このＸ線画像が記録されたフイルムからＸ線画像を読み取って電気信号に変換し、この電気信号（画像信号）に画像処理を施した後コピー写真等に可視像として再生することにより、コントラスト，シャープネス，粒状性等の画質性能の良好な再生画像を得ることの出来るシステムが開発されている（特公昭61－5193号公報参照）。

【０００３】また本出願人により、放射線（Ｘ線，α線，β線，γ線，電子線，紫外線等）を照射するとこの放射線エネルギーの一部が蓄積され、その後可視光等の励起光を照射すると蓄積されたエネルギーに応じた光量の輝尽発光光を放射する蓄積性蛍光体（輝尽性蛍光体）を利用して、人体等の被写体の放射線画像を一旦シート状の蓄積性蛍光体に撮影記録し、蓄積性蛍光体シートをレーザ光等の励起光で走査して輝尽発光光を生ぜしめ、

得られた輝尽発光光を光電的に読み取って画像信号を得、この画像信号に基づいて被写体の放射線画像を写真感光材料等の記録材料、ＣＲＴ等に可視像として出力させる放射線記録再生システムがすでに提案されている（特開昭55-12429号，同56-11395号，同55-0163472号，同56-164645 号，同55-116340 号等）。

【０００４】一方、従来より放射線画像の重ね合せ処理が公知となっている（例えば特開昭56-11399号参照）。一般に、放射線画像は診断用その他の目的に使われるが、その使用に当たっては被写体の微小な放射線吸収差を良好に検出することが要求される。放射線画像におけるこの検出の程度をコントラスト検出能または単に検出能と呼ぶが、この検出能の高いもの程診断性能も高く、実用的価値が高い放射線画像であると言うことができる。したがって診断性能を高めるため、この検出能を高くすることが望まれるが、その最も大きな障害要因は各種ノイズである。

【０００５】例えば、前述した蓄積性蛍光体シートを使用する放射線画像記録方式においては、放射線画像を蓄積性蛍光体シートに蓄積記録し、読み出すステップにおいて次のようなノイズの存在が認められている。

【０００６】(1) 放射線の量子ノイズ

(2) 蓄積性蛍光体シートの蛍光体塗布分布もしくは蛍光体粒子分布の不均一によるノイズ

(3) 蓄積性蛍光体シートに蓄積記録された画像を輝尽発光させる励起光のノイズ

(4) 蓄積性蛍光体シートから発せられ、集光、検出される輝尽発光光のノイズ

(5) 電気信号を増幅、処理する系における電気的ノイズ

重ね合せ処理は、これらのノイズを大幅に減少させ、被写体の僅かな放射線吸収差も最終画像において明確に観察可能にする、すなわち検出能を大幅に向上させる方法である。重ね合せ処理の一般的な手法および作用は、次の通りである。

【０００７】複数枚重ねた記録媒体に放射線画像を撮影（記録）し、この複数枚の記録媒体を読取処理にかけて得た複数の画像信号を重ね合わせる。このことにより、前述の各種ノイズを減少させることができる。すなわち、前述の蓄積性蛍光体シートのノイズ(1) ～(5) は各シートの画像ごとに異なった分布を示す場合が多いので、これらのシートの画像を重ね合わせることにより各ノイズは平均化され、重ね合せ処理をした画像ではノイズが目立たなくなる。つまり、Ｓ／Ｎの良い画像信号が得られる。Ｘ線フイルムに記録された放射線画像を読み取った場合にも、これと同様のことがいえる。さらに詳しくは、ノイズ(1) ～(5) には、ポアソン統計で近似できるノイズが多く、特に放射線画像のノイズの中で支配的な要因の１つである(1) 放射線のノイズはその一例である。ここで、ノイズがポアソン統計で近似できるとし、２枚の放射線画像がそれぞれ同等の大きさの信号Ｓ

5

$_1$、S_2およびノイズN_1、N_2を持つと考えた場合、２枚の画像を重ね合せた場合の信号とノイズの大きさは、信号がS_1+S_2、ノイズが

【０００８】

【数１】

$$\sqrt{N_1^{\,2}+N_2^{\,2}} \qquad \cdots(1)$$

【０００９】となる。一方、放射線画像の検出能を表す一つの指標であるS／Nを考えた場合、重ね合せる前の各画像のS／Nはそれぞれ、S_1/N_1、S_2/N_2であるが、重ね合せ処理を行うことによりS／Nは、

【００１０】

【数２】

$$(S_1+S_2)/\sqrt{N_1^{\,2}+N_2^{\,2}} \qquad \cdots(2)$$

【００１１】となり、S／Nが向上する。また、重ね合せ処理を行う際に、それぞれの信号に重み付けを行うことにより、S／N向上の最適化が可能である。

【００１２】従来、実際にこの重ね合せ処理を行うためには、例えば、蓄積性蛍光体シートを用いた場合には、カセッテに蓄積性蛍光体シートを２枚重ねて入れて被写体の撮影を行い、２枚の蓄積性蛍光体シートに対して通常の読取処理と同様の読取処理を逐次行って２組の画像信号を得る、という方法が用いられている。

【００１３】一方、従来より放射線画像のサブトラクション処理が公知となっている。この放射線画像のサブトラクションとは、異なった条件で撮影した２つの放射線画像を光電的に読み出してデジタル画像信号を得た後、これらのデジタル画像信号を両画像の各画素を対応させて減算処理し、放射線画像中の特定の構造物を抽出させる差信号を得る方法であり、このようにして得た差信号を用いれば、特定構造物のみが抽出された放射線画像を再生することができる。

【００１４】このサブトラクション処理には、基本的に次の２つの方法がある。即ち、(1) 造影剤注入により特定の構造物が強調された放射線画像の画像信号から、造影剤が注入されていない放射線画像の画像信号を引き算（サブトラクト）することによって特定の構造物を抽出するいわゆる時間サブトラクション処理と、(2) 同一の被写体に対して相異なるエネルギー分布を有する放射線を照射し、あるいは被写体透過後の放射線をエネルギー分布状態を変えて２つの放射線検出手段に照射して、それにより特定の構造物が異なる画像を２つの放射線画像間に存在せしめ、その後この２つの放射線画像の画像信号間で適当な重みづけをした上で引き算（サブトラクト）を行って、特定の構造物の画像を抽出するいわゆるエネルギーサブトラクション処理である。

【００１５】先に述べた蓄積性蛍光体シートを利用する放射線画像情報記録再生システムにおいては、該シートに記録されている放射線画像情報が直接電気的画像信号

6

の形で読み取られるから、このシステムによれば、上述のようなサブトラクション処理を容易に行うことが可能となる。この蓄積性蛍光体シートを用いてエネルギーサブトラクション処理を行うためには、例えば２枚の蓄積性蛍光体シートに特定の構造物に対応する部分の画像情報が異なるように画像記録（撮影）を行えばよく、具体的には、エネルギー分布の異なる２種類の放射線を用いて撮影を２回行う２Shot法と、例えば被写体を透過した放射線を、重ねられた２枚の蓄積性蛍光体シート（それらは互いに接していても、離れていてもよい）に同時に曝射することによって、両シートに互いにエネルギー分布が異なる放射線を照射するようにした１Shot法が知られている。

【００１６】また、上述した輝尽発光光を光電的に読み取る方法として、蓄積性蛍光体シートの両面に上述した光電読取手段を配して、蓄積性蛍光体シートの両面または片面にのみ励起光を走査し、この励起光走査により発せられた輝尽発光光を蓄積性蛍光体シートの両面から光電的に読み取る両面集光読取方法が提案されている（例えば、特開昭55-87970号公報参照）。このような両面集光読取方法は、蓄積性蛍光体シートに１つの放射線画像が蓄積記録され、かつ蓄積性蛍光体シートの両面から輝尽発光光を集光するようにしたものであるので、集光効率が向上し、S／N比がより改善される。

【００１７】上記特開昭55-87970号公報に開示された両面集光読取方法においては、透明なホルダー上に蓄積性蛍光体シートを装着し、その上下に光電読取手段を配置している。すなわち、ホルダーの上に配置された光電読取手段では、蓄積性蛍光体シートの表面から射出した輝尽発光光を読み取り、ホルダーの下に配置された光電読取手段では、蓄積性蛍光体シートの裏面から射出した輝尽発光光を読み取ることとなる。

【００１８】

【発明が解決しようとする課題】上述した重ね合せを行うための画像信号を得る場合、複数枚重ねた蓄積性蛍光体シートに放射線画像を記録する必要がある。この際、放射線源から遠い位置にある蓄積性蛍光体シートから得られる画像信号は、放射線源に最も近い位置にある上側シートから得られる画像信号と同様に低周波数帯域における画像情報を含むものであるが、上側シートと比べて高周波数帯域の周波数依存特性が低く、高周波数帯域については画像情報が少なくなり、散乱光等の影響によるノイズ成分が多くなるものである。したがって、このまま上側、下側シートから得られる画像信号に同一の重み付けをして加算を行ったのでは、加算された画像信号の低周波数帯域では画質が良くなるが、高周波数帯域ではノイズ成分も強調されてしまうため、画質の低下を招くこととなる。また、前述した１枚の蓄積性蛍光体シートの両面から画像信号を読み取る方法により得られたシートの上側から得られた画像信号とシートの下側から得ら

れた画像信号の場合にも同様の画質の低下を招くおそれがある。さらには、前述したエネルギーサブトラクションを行う画像信号についても画像信号の周波数帯域によりノイズ成分の割合が異なるため、画像信号間で減算処理を行った際にも、各画像信号の重み付け係数により差信号のノイズ成分が多くなってしまう場合がある。

【００１９】本発明は上記事情に鑑み、上述した重ね合せ画像、エネルギーサブトラクション画像において、ノイズ成分が少ないより高画質の画像を得ることができる放射線画像の重ね合せ方法およびエネルギーサブトラクション方法を提供することを目的とするものである。

【００２０】

【課題を解決するための手段】本発明による第１の画像重ね合せ方法は、同一被写体の放射線画像を担持する周波数特性が互いに異なる複数の画像信号に対して相対応する画素についての信号間で各画像信号に所定の重み付け係数を乗じて加算を行って加算信号を得る放射線画像の重ね合せ方法において、前記各画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくさせることを特徴とするものである。

【００２１】また、本発明による第２の画像重ね合せ方法は、本発明による第１の画像重ね合せ方法において、前記各画像信号にフーリエ変換を施して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとのフーリエ変換係数信号に分解し、該各フーリエ変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各フーリエ変換係数信号の加算を行って各周波数帯域ごとの加算フーリエ変換係数信号を得、該加算＊フーリエ変換係数信号を逆フーリエ変換することにより画像の重ね合せを行うことを特徴とするものである。

【００２２】さらに、本発明による第３の画像重ね合せ方法は、本発明による第１の画像重ね合せ方法において、前記各画像信号を多重解像度空間に変換して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとの変換係数信号に分解し、該各変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各変換係数信号の加算を行って各周波数帯域ごとの加算変換係数信号を得、該加算変換係数信号を逆変換することにより画像の重ね合せを行うことを特徴とするものである。

【００２３】ここで、多重解像度空間への変換とはウェーブレット変換、サブバンド変換等のフーリエ変換と比較して短いフィルタにより画像信号を複数の周波数帯域の信号に分解する変換をいう。

【００２４】また、ここで、ウェーブレット変換について説明する。

【００２５】ウェーブレット変換は、周波数解析の方法として近年開発されたものであり、ステレオのパターンマッチング、データ圧縮等に応用がなされているものである（OLIVIER RIOUL and MARTIN VETTERLI;Wavelets and Signal Processing,IEEESP MAGAZINE,P.14-38,OCTOBER 1991、Stephane Mallat;Zero-Crossings of a Wavelet Transform,IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY,VOL.37,NO.4,P.1019-1033,JULY 1991 ）。

【００２６】このウェーブレット変換は、図22に示すような関数ｈを基底関数として、

【００２７】

【数３】

$$W(a,\ b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\ h(a,\ b)\ dt \quad \cdots(3)$$

但し、　ｆ（ｔ）：任意の波形の信号

Ｗ（ａ，ｂ）：ｆ（ｔ）のウェーブレット変換

$$h(a,\ b) = \frac{1}{\sqrt{a}}\ h(at - b)$$

ａ：関数の縮率

ｂ：水平軸方向の移動量

【００２８】なる式において信号を複数の周波数帯域ごとの周波数信号に変換するため、フーリエ変換のような偽振動の問題が発生しない。すなわち、関数ｈの周期および縮率を変化させ、原信号を移動させることによりフィルタリング処理を行えば、細かな周波数から粗い周波数までの所望とする周波数に適合した周波数信号を作成することができる。例えば、図23に示すように、信号Sorgをウェーブレット変換し、各周波数帯域ごとに逆ウェーブレット変換した信号と、図24に示すように信号Sorg※をフーリエ変換し、各周波数帯域ごとに逆フーリエ変換した信号で見てみると、ウェーブレット変換はフーリエ変換と比べて原信号Sorgの振動と対応した周波数帯域の周波数信号を得ることができる。すなわち、フーリエ変換において原信号Sorgの部分Ｂと対応する周波数帯域７の部分Ｂ′には振動が発生しているのに対し、ウェーブレット変換では原信号Sorgの部分Ａと対応する周波数帯域Ｗ７の部分Ａ′には原信号と同様に振動は発生していないものとなる。

【００２９】また、本発明による第４の画像重ね合せ方法は、本発明による第３の画像重ね合せ方法において、前記多重解像度空間への変換を上述したウェーブレット変換により行うことを特徴とするものである。

【００３０】さらに、本発明による第５の画像重ね合せ方法は、上述した本発明による第１第３または第４の画像重ね合せ方法において、前記放射線画像に含まれる前記被写体の部位に応じて到達線量の大きい部位の重み付け係数を到達線量の小さい部位に比して相対的に大きくさせることを特徴とするものである。

【００３１】さらに、本発明による第６の画像重ね合せ方法は、上述した本発明による第１から第５の画像重ね合せ方法において、前記複数の画像信号を、放射線画像が蓄積記録された１枚の蓄積性蛍光体シートの両面または片面に励起光を走査して前記放射線画像を輝尽発光光に変換し、該蓄積性蛍光体シートの両面から得られる輝尽発光光を各々光電的に読み取ることにより得ることを特徴とするものである。

【００３２】また、本発明による第７の画像重ね合せ方法は、前記各画像信号がアナログ画像信号であり、該各アナログ画像信号のすべてについて、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該すべてのアナログ画像信号をフィルタリングし、該フィルタリング後の各アナログ画像信号の加算を行うことにより画像の重ね合わせを行うことを特徴とするものである。

【００３３】さらに、本発明による第８の画像重ね合せ方法は、前記各画像信号をアナログ画像信号とし、該各アナログ画像信号のうち所望とするアナログ画像信号について、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該所望とするアナログ画像信号をフィルタリングし、該フィルタリング後のアナログ画像信号とそれ以外のアナログ画像信号との加算を行うことにより画像の重ね合わせを行うことを特徴とするものである。

【００３４】また、本発明による第９の画像重ね合せ方法は、本発明による第１から第８の画像重ね合せ方法において、前記複数の画像信号を、放射線画像が蓄積記録された２枚の蓄積性蛍光体シートそれぞれに励起光を走査して前記放射線画像を輝尽発光光に変換し、該輝尽発光光を光電的に読み取ることにより得ることを特徴とするものである。

【００３５】さらに、本発明はエネルギーサブトラクションにも適用できるものであり、本発明による第１のエネルギーサブトラクション方法は、同一被写体を透過したそれぞれエネルギー分布が互いに異なる放射線により得られた少なくとも一部の画像情報が互いに異なる複数の放射線画像を検出することにより得られた複数の画像信号に対して相対応する画素についての信号間で各画像信号に所定の重み付け係数を乗じて減算を行って前記被写体の特定構造物の画像を形成する差信号を得るエネルギーサブトラクション方法において、前記各画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくさせることを特徴とするものである。

【００３６】また、本発明による第２のエネルギーサブトラクション方法は、上述した本題１のエネルギーサブトラクション方法において、前記各画像信号にフーリエ変換を施して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとのフーリエ変換係数信号に分解し、該各フーリエ変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各フーリエ変換係数信号の減算を行って各周波数帯域ごとの減算フーリエ変換係数信号を得、該減算フーリエ変換係数信号を逆フーリエ変換することにより前記差信号を得ることを特徴とするものである。

【００３７】さらに、本発明による第３のエネルギーサブトラクション方法は、本発明による第１のエネルギーサブトラクション方法において、前記各画像信号を多重解像度空間に変換して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとの変換係数信号に分解し、該各変換係数信号ごとに重み付け係数を変化させて該各変換係数信号の減算を行って各周波数帯域ごとの減算変換係数信号を得、該減算変換係数信号を逆変換することにより前記差信号を得ることを特徴とするものである。

【００３８】さらに、本発明による第４のエネルギーサブトラクション方法は、本発明による第３のエネルギーサブトラクション方法において、前記多重解像度空間への変換をウェーブレット変換により行うことを特徴とするものである。

【００３９】また、本発明による第５のエネルギーサブトラクション方法は、本発明による第１、第３または第４のエネルギーサブトラクション方法において、前記放射線画像に含まれる前記被写体の部位に応じて到達線量の大きい部位の重み付け係数を到達線量の小さい部位に比して相対的に大きくさせることを特徴とするものである。

【００４０】さらに、本発明による第６のエネルギーサブトラクション方法は、前記各画像信号がアナログ画像信号であり、該各アナログ画像信号のすべてについて、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該すべてのアナログ画像信号をフィルタリングし、該フィルタリング後の各アナログ画像信号の減算を行うことにより前記差信号を得ることを特徴とするものである。

【００４１】また、本発明による第７のエネルギーサブトラクション方法は、前記各画像信号をアナログ画像信号とし、該各アナログ画像信号のうち所望とするアナログ画像信号について、該画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタにより、該所望とするアナロ

グ画像信号をフィルタリングし、該フィルタリング後のアナログ画像信号とそれ以外のアナログ画像信号との減算を行うことにより前記差信号を得ることを特徴とするものである。

【００４２】

【作用および発明の効果】本発明による画像重ね合せ方法は、上述した放射線画像の重ね合せ方法において、各画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくするようにしたため、加算された画像信号は全周波数帯域に亘って信号対ノイズ比の高いものとなり、この加算画像信号を再生することにより高画質の重ね合せ画像を得ることができる。

【００４３】具体的には、各画像信号にフーリエ変換を施して各画像信号を複数の周波数帯域ごとのフーリエ変換係数信号に分解して、上述したように重み付け加算を行うようにすることにより、信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくさせることができ、これにより高画質の重ね合せ画像を得ることができる。

【００４４】また、各画像信号をウェーブレット変換あるいはサブバンド変換等の多重解像度空間に変換して該各画像信号を複数の周波数帯域ごとの変換係数信号に分解して加算信号を得ることにより、上述したように短いフィルタで画像信号を複数の周波数帯域に分解することができるため、本発明を実施するための装置の構成を簡易なものとすることができる。

【００４５】さらに、上述したように画像信号を多重解像度空間に変換することにより得られる周波数帯域ごとの画像信号は、変換前の画像信号を縮小した画像信号となっている。したがって各変換信号ごとにヒストグラム解析等を行うことにより、画像信号に含まれる部位の到達線量を知ることができ、このうち到達線量の大きい部位を表す画像信号の重み付け係数を到達線量の小さい部位に比して相対的に大きくさせることができることとなり、より高画質の画像を得ることができる。

【００４６】さらに、各画像信号をアナログ画像信号とし、アナログ画像信号のすべてあるいは所望とするアナログ画像信号について、この画像信号の周波数特性を変化させる重みを有するフィルタによりフィルタリングすることにより、アナログ画像信号の所望とする周波数帯域について重み付けがなされ、このフィルタリング後の画像信号を加算して得られた加算信号を再生することにより、上述したフーリエ変換、ウェーブレット変換あるいはサブバンド変換と同様に、高画質の重ね合わせ画像を得ることができる。

【００４７】また、上述したような蓄積性蛍光体シートの両面集光により画像信号を得る場合のシートの下側（放射線源よりも遠い側）から得られた画像信号、あるいはシートを重ね合せて放射線画像を記録した場合の放射線源より遠い側から得られた画像信号の高周波成分は、散乱光等のノイズ成分が多く含まれているため、この下側のシートから得られた画像信号の高周波数成分に乗じる重み付け係数を上側のシートから得られた画像信号の高周波数成分に乗じる重み付け係数に比して小さくすることにより、ノイズ成分が低減された重ね合せ信号を得ることができる。

【００４８】さらに、上述した周波数帯域ごとに画像信号の重み付け係数を変化させる処理をエネルギーサブトラクション処理にも適用することができ、サブトラクションすべき各画像信号の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくさせるようにすることにより、減算された画像信号はノイズ成分の割合が少ないものとなり、この減算画像信号を再生することにより高画質のサブトラクション画像を得ることができる。

【００４９】

【実施例】以下図面を参照して本発明の実施例について説明する。

【００５０】図１は２枚の蓄積性蛍光体シート４Ａ，４Ｂに、同一の被写体１を透過した放射線２を照射する状態を示す図である。

【００５１】図１に示すように、第１の蓄積性蛍光体シート４Ａおよび第２の蓄積性蛍光体シート４Ｂとを重ねて配置して放射線源３を駆動させて、放射線２を発せしめることにより、被写体１を透過した放射線２は第１および第２の蓄積性蛍光体シート４Ａ，４Ｂに照射され、被写体１の放射線画像情報が蓄積性蛍光体シート４Ａおよび４Ｂに蓄積記録される。

【００５２】次にこれら２枚の蓄積性蛍光体シート４Ａ，４Ｂから、図２に示すような画像読取手段によって放射線画像を読み取り、放射線画像を表す画像信号を得る。まず蓄積性蛍光体シート４Ａをエンドレスベルト等の副走査手段９により矢印Ｙの方向に移動させながら、レーザー光源10からのレーザー光（励起光）11を走査ミラー12によって偏向させ、シート４Ａ上をＸ方向に主走査させる。この励起光走査により蓄積性蛍光体シート４Ａからは、蓄積記録されている放射線画像情報に応じた光量の輝尽発光光13が発散する。輝尽発光光13は、透明なアクリル板を成形して作られた光ガイド14の一端面からこの光ガイド14の内部に入射し、その中を全反射を繰返しながら進行して、フォトマルチプライヤー（光電子増倍管）15に受光される。このフォトマルチプライヤー15からは、輝尽発光光13の発光量に対応した、つまり上記画像情報を示す出力信号S_Aが出力される。

【００５３】この出力信号S_Aは、対数増幅器16により対数増幅され、次いでＡ／Ｄ変換器17に入力されて、デ

ジタルの画像信号S_1に変換される。この画像信号S_1は例えば磁気ディスク等の記憶媒体18に記憶される。次に、全く同様にして、もう1枚の蓄積性蛍光体シート4Bの記録画像情報が読み出され、その画像情報を示す出力信号S_Bが得られ、対数増幅器16により対数増幅され、次いでA／D変換器17に入力されて、デジタルの画像信号S_2に変換され、この画像信号S_2が記憶媒体18に記憶される。

【００５４】次に、このようにして得られた画像信号S_1，S_2を用いて重ね合せ処理を行う。図3はこの重ね合せ処理を行う装置の概略を表す図である。まず記憶媒体18内の画像ファイル18Aと、画像ファイル18Bから、画像信号S_1，S_2が読み出され、ウェーブレット変換手段19に入力される。ウェーブレット変換手段19は入力された2つの画像信号S_1，S_2をウェーブレット変換し、複数の周波数帯域ごとの変換係数信号に分解する。以下ウェーブレット変換の詳細について説明する。

【００５５】図4は、画像信号S_1，S_2に対するウェーブレット変換の詳細を表す図である。ここでは、簡単のため画像信号S_1のウェーブレット変換について説明する。

【００５６】なお、本実施例においては、ウェーブレット変換の各係数が直交する直交ウェーブレット変換を行うものであり、前述したMarc Antonini らの文献に記載されているものである。

【００５７】図4に示すように、画像信号S_1の主走査方向に基本ウェーブレット関数より求められる関数gと関数hとによりフィルタリング処理を行う。すなわち、このような関数g，hによる主走査方向に並ぶ画素の一列ごとのフィルタリング処理を副走査方向に一画素ずつズラしながら行い、原画像データSorgの主走査方向のウェーブレット変換係数信号Wg0，Wh0を求めるものである。

【００５８】ここで、関数g，hは基本ウェーブレット関数より一意に求められるものであり、例えば、関数hは、以下の表1に示すものとなる。なお、表1において関数h′は、ウェーブレット変換がなされた画像データに逆ウェーブレット変換を行う際に用いる関数を表すものである。また以下の式(4)に示すように関数gは関数h′から求められ、逆ウェーブレット変換を行うための関数g′は関数hから求められる。

【００５９】

【表1】

n	0	±1	±2	±3	±4
$2^{-1/2}h$	0.602949	0.266864	-0.078223	-0.016864	0.026749
$2^{-1/2}h'$	0.557543	0.295636	-0.028772	-0.045636	0

【００６０】

$$g'=(-1)^n h$$
$$g=(-1)^n h' \quad \cdots(4)$$

このようにして、ウェーブレット変換係数信号Wg0、Wh0が求められると、ウェーブレット変換係数信号Wg0、Wh0について、主走査方向の画素を1画素おきに間引き、主走査方向の画素数を1/2 にする。ついで、この画素が間引かれたウェーブレット変換係数信号Wg0、Wh0それぞれの副走査方向に関数g，hによりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号WW_{U0}，WV_{U0}，VW_{U0}およびVV_{U0}を得る。

【００６１】次いでウェーブレット変換係数信号WW_{U0}，WV_{U0}，VW_{U0}およびVV_{U0}について、副走査方向の画素を1画素おきに間引くことを行い、副走査方向の画素数を1/2 とする処理を行う。これにより、各ウェーブレット変換係数信号VV_{U0}，WV_{U0}，VW_{U0}，WW_{U0}の画素数は画像信号S_1の画素数の1/4 となる。次いで、ウェーブレット変換係数信号VV_{U0}の主走査方向に関数g，hによりフィルタリング処理を行う。

【００６２】すなわち、関数g，hにより主走査方向に並ぶ画素の一列ごとのフィルタリング処理を副走査方向に一画素づつズラながら行い、ウェーブレット変換係数信号VV_{U0}の主走査方向のウェーブレット変換係数信号※Wg1およびWh1を求めるものである。

【００６３】ここでウェーブレット変換係数信号VV_{U0}は主副両方向について画素数が原画像データの1/2 となっているため、画像の解像度は原画像データと比較して半分となっている。したがって、ウェーブレット変換係数信号VV_{U0}を関数g，hでフィルタリング処理を施すことにより、原画像データの周波数成分のうちウェーブレット変換係数信号VV_{U0}が表す周波数成分よりも低周波数成分を表すウェーブレット変換係数信号Wg1，Wh1が求められる。

【００６４】このようにして、ウェーブレット変換係数信号Wg1，Wh1が求められると、ウェーブレット変換係数信号Wg1，Wh1について、主走査方向の画素を1画素おきに間引き、主走査方向の画素数をさらに1/2 とする。次いでウェーブレット変換係数信号Wg1、Wh1それぞれの副走査方向に関数g，hによりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号WW_{U1}，WV_{U1}，VW_{U1}およびVV_{U1}を得る。

【００６５】次いでウェーブレット変換係数信号WW_{U1}，WV_{U1}，VW_{U1}，VV_{U1}について、副走査方向の画素を1画素おきに間引き、副走査方向の画素数を1/2 とする処理を行う。これにより、各ウェーブレット変換係数信号WW_{U1}，WV_{U1}，VW_{U1}，VV_{U1}の画素数は画

像信号S_1の画素数の1/16となる。

【0066】以下、上述したのと同様にして、画素が間引かれたウェーブレット変換係数信号VV_{U1}の主走査方向に関数g，hによりフィルタリング処理を行い、さらに得られたウェーブレット変換係数信号の主走査方向の画素を間引き、この画素を間引いたウェーブレット変換係数信号について、副走査方向に関数g，hによりフィルタリング処理を行い、ウェーブレット変換係数信号WW_{U2}，WV_{U2}，VW_{U2}，VV_{U2}を得る。

【0067】このようなウェーブレット変換をN回繰り返すことによりウェーブレット変換係数信号WW_{U0}～WW_{UN}，WV_{U0}～WV_{UN}，VW_{U0}～VW_{UN}，およびVV_{UN}を得る。ここで、N回目のウェーブレット変換により得られるウェーブレット変換係数信号WW_N，WV_N，VW_N，VV_Nは、原画像データと比較して主副各方向の画素数が$(1/2)^N$となっているため、各ウェーブレット変換係数信号はNが大きいほど周波数帯域が低く、原画像データの周波数成分のうち低周波成分を表すデータとなる。

【0068】したがって、ウェーブレット変換係数信号WW_{Ui}（i＝0～N、以下同様）は、画像信号S_1の主副両方向の周波数の変化を表すものであり、iが大きいほど低周波信号となる。またウェーブレット変換係数信号WV_{Ui}は画像信号S_1の主走査方向の周波数の変化を表すものであり、iが大きいほど低周波信号となる。さらにウェーブレット変換係数信号VW_{Ui}は画像信号S_1の副走査方向の周波数の変化を表すものであり、iが大きいほど低周波信号となる。

【0069】ここで、図5にウェーブレット変換係数信号を複数の周波数帯域ごとに表す図を示す。なお、図5においては便宜上3回目のウェーブレット変換を行った状態までを表すものとする。なお、図5においてウェーブレット変換係数信号WW_3は原画像を主副各方向が$(1/2)^3$に縮小したものとなっている。

【0070】同様にして画像信号S_2についてもウェーブレット変換を施し、複数の周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号WW_{L0}～WW_{LN}，WV_{L0}～WV_{LN}，VW_{L0}～VW_{LN}およびVV_{LN}を得る。

【0071】このように画像信号S_1，S_2にウェーブレット変換を施すことによって得られたウェーブレット変換係数信号は、重み付け重ね合せ手段20に入力され＊る。重み付け重ね合せ手段20においては、信号対ノイズ比が低い周波数帯域の重み付け係数を信号対ノイズ比が高い周波数帯域の重み付け係数に比して相対的に小さくさせて重み付け処理がなされる。まず、この重み付け係数の決定について説明する。

【0072】2枚の蓄積性蛍光体シート4A，4Bから得られた画像信号S_1，S_2はそれぞれ図6(a)，(b)に示すようなMTF（Modulation Transfer Function，周波数依存特性）を有する。ここで、MTFはCTFチャート（Contrast TransferFunction Chart）を撮影することにより得られるものであり、各周波数帯域ごとの画像信号の解像度の大きさを表すものである。すなわち、図6(a)に示すように、放射線源に近い上側の蓄積性蛍光体シート4Aから得られた画像信号S_1のMTF1は、高周波数帯域まで大きいため、画像信号S_1は高周波数帯域までの情報を有するが、図6(b)に示すように放射線源から遠い下側の蓄積性蛍光体シート4Bから得られた画像信号S_2は、画像信号S_1と比較して高周波数帯域側のMTF2が小さくなっており、高周波数帯域の情報が少ないものとなっている。これは、画像信号S_2の高周波数帯域の情報は、撮影時の散乱線等のノイズを含み、さらには、高周波数帯域側の細い情報が放射線源から遠いことに起因してボケていることを表している。よって、このMTFに応じて各ウェーブレット変換係数信号の重み付け係数を変化させ各ウェーブレット変換係数信号の加算を行うものである。ここで、各ウェーブレット変換係数信号の重み付け係数を決定する方法について説明する。

【0073】まず、図6(a)，(b)に示す各画像信号の周波数特性MTF1，2と併せて、図7(a)，(b)に示すように各画像信号のノイズの周波数特性Winer1，2を求める。ここでWiner1，2は、前述した撮影装置において、ノイズだけの画像すなわち被写体を置かないで撮影を行って得られたノイズ画像信号の周波数ごとの分散を求めたものをいう。すなわち、Winer1についてみてみると、ノイズだけの画像を撮影して上側の蓄積性蛍光体シート4Aから得られたノイズ画像信号Image（X1）について、

【0074】

【数4】

$$RMS^2 = \int \{image\ (X)\}^2\, dx - \overline{image\ (X)^2} \quad (平均) \cdots (5)$$

【0075】により得られたRMS^2を周波数ごとにプロットしたものが図7(a)，(b)に示すWiner1，2となる。

【0076】ここで、DQEなる指標を以下の式(6)により定義する

※【0077】

【数5】

$$DQE \propto (MTF)^2 / Winer \quad \cdots (6)$$

【0078】式(6)はDQEが高いほど画質が良いことを示している。また、DQEは周波数ごとに求められる

ものである。

【0079】次いで、上述したMTF1，2を得た際に＊

$$add(t) = t \times Image\ 1(X) + (1-t) \times Image\ 2(X) \quad \cdots(7)$$

により加算した加算画像信号add(t)について、tを0～1まで変化させることにより、複数の加算画像信号add(t)を得る。そして、各加算画像信号add(t)についてDQEを算出し、tを横軸に、DQEを縦軸にとってプロットする。図8は、複数の周波数帯域ごとに得られた、tとDQEとの関係を表す図である。図8(a) 示すように周波数帯域が1サイクル／mm（図8においては1c／mmと表示）のときはt＝0.5 でDQEが最大となる。また、図8(b) に示すように、周波数帯域が2サイクル／mmのときはt＝0.7 で、図8(c) に示すように周波数帯※域が3サイクル／mmのときはt＝0.9 でそれぞれDQEが最大となる。

【0080】このように、各周波数帯域ごとにDQEが最大となるtをプロットすることにより、図9に示すような重み付けテーブルを得ることができる。図9に示すような重み付けテーブルに基づいて、前述した各ウェーブレット変換係数信号の加算が行われる。

【0081】すなわち、各周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号について、

$$\begin{aligned} WW_i &= t \cdot WW_{Ui} + (1-t)\, WW_{Li} \\ WV_i &= t \cdot WV_{Ui} + (1-t)\, WV_{Li} \\ VW_i &= t \cdot VW_{Ui} + (1-t)\, VW_{Li} \\ VV_i &= t \cdot VV_{Ui} + (1-t)\, VV_{Li} \end{aligned} \quad \cdots(8)$$

により重み付け加算を行う。例えば、周波数帯域の加算係数信号WW_1 を得る場合は、係数信号WW_{L1}は係数信★号WW_{U1}と比較してノイズが大きく情報量が少ないため、tの値を大きくする。すなわち、

$$WW_1 = 0.8 \times WW_{U1} + 0.2 \times WW_{L1} \quad \cdots(9)$$

により係数信号WW_1 を得る。なお、加算係数信号WV_1，VW_1 についても加算係数信号のWW_1 を得る場合と同様の重み付けにより求めればよい。

【0082】一方、ウェーブレット変換係数信号WW_1 ☆よりも低周波数帯域の加算係数信号WW_2 を求める場合は、係数信号WW_{L2}は係数信号WW_{U2}と比較しても係数信号WW_{L1}ほどノイズが大きく情報量が少ないこともないため、tの値を0.6 程度にし、

$$WW_2 = 0.6 \times WW_{U2} + 0.4 \times WW_{L2} \quad \cdots(10)$$

により加算係数信号WW_2 を得る。加算係数信号WV_2，VW_2 についても加算係数信号WW_2 を得る場合と同様の重み付けにより求めればよい。

【0083】また、ウェーブレット変換係数信号WW_2 ◆よりも低周波数帯域の加算係数信号WW_3 を求める場合は、係数信号WW_{L2}，WW_{U2}はともに略同程度の情報を有するものであるため、tの値を0.5 とし、

$$WW_3 = 0.5 \times WW_{U3} + 0.5 \times WW_{L3} \quad \cdots(11)$$

により加算係数信号WW_3 を得る。加算係数信号WV_3，VW_3 についても加算係数信号WW_3 を得る場合と同様の重み付けにより求めればよい。

【0084】さらに、ウェーブレット変換係数信号WW_3 よりも低周波数帯域の加算係数信号WW_4 ～WW_N を得る場合については、係数信号WW_{U4}～WW_{UN}，WW_{L4}～WW_{LN}はともに略同程度の情報を有するものであるため、tの値を0.5 として加算係数信号WW_4 ～WW_N を求めればよい。

【0085】このように重み付け係数を決定することにより、原画像のMTFおよびWinerがどのような特性であっても、周波数ごとに最適な重み付け係数を決定することができる。

【0086】以上のようにして重み付け重ね合せ手段20において加算ウェーブレット変換係数信号WW_1 ～WW_N，WV_1 ～WV_N，VW_1 ～VW_N，VV_1 ～VV_Nが得られると、各加算ウェーブレット変換係数信号は逆ウェーブレット変換手段21において逆ウェーブレット変換が施される。以下、逆ウェーブレット変換の詳細について説明する。

＊得られる周波数帯域ごとの画像信号Image 1（X），Image 2（X）を、

＊【0087】図10は、逆ウェーブレット変換の詳細を表す図である。

【0088】図10に示すように、まず各加算ウェーブレット変換係数信号VV_N，VW_N，WV_N，WW_N について副走査方向に並ぶ画素間に1画素分の間隔をあける処理を行う（図では×2と表示）。次いでこの間隔があけられた加算ウェーブレット変換係数信号VV_N を副走査方向に前述した関数hとは異なる関数h′により、加算ウェーブレット変換係数信号VW_N を副走査方向に前述した関数gとは異なる関数g′によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数g′，h′による加算ウェーブレット変換係数信号VV_N，VW_N の副走査方向に並ぶ一列の画素ごとのフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつズラしながら行い、加算ウェーブレット変換係数信号VV_N，VW_N の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを2倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号WhN' を得る。

【0089】このようにウェーブレット変換を行う関数と逆ウェーブレット変換を行う関数とを異なるものとしているのは、以下のような理由からである。ウェーブレ

ット変換と逆ウェーブレット変換で同一の関数となる、すなわち、直交する関数を設計することは難しく、直交性、連続性、関数の短さ、対称性のいずれかの条件を緩める必要がある。そこで、直交性の条件を緩めることにより他の条件を満たす関数を選択したものである。

【００９０】以上より、本実施例ではウェーブレット変換を行う関数ｈ，ｇと逆ウェーブレット変換を行う関数ｈ′，ｇ′とを双直交の異なるものとしている。したがって、加算ウェーブレット変換係数信号VV_i，VW_i，WV_i，WW_iを関数ｈ′，ｇ′で逆ウェーブレット変換することにより、画像信号S_1，S_2の加算信号を完全に復元できることとなる。

【００９１】一方、これと並列して、加算ウェーブレット変換係数信号WV_Nを副走査方向に関数ｈ′により、加算ウェーブレット変換係数信号WW_Nを副走査方向に関数ｇ′によりフィルタリング処理を行い、加算ウェーブレット変換係数信号WV_N，，WW_Nの逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを２倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号WgN′を得る。

【００９２】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号WhN′，WgN′について主走査方向に並ぶ画素間に１画素分の間隔をあける処理を行う。その後逆ウェーブレット変換係数信号WhN′を主走査方向に関数ｈ′により、逆ウェーブレット変換係数信号WgN′を主走査方向に関数ｇ′によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号WhN′，WgN′の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを２倍して加算することにより加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_{N-1}′を得る。

【００９３】次いでこの加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_{N-1}′、加算ウェーブレット変換係数信号VW_{N-1}，WV_{N-1}，WW_{N-1}について副走査方向に並ぶ画素間に１画素分の間隔をあける処理を行う。その後この加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_{N-1}′を副走査方向に前述した関数ｈ′により、加算ウェーブレット変換係数信号VW_{N-1}を副走査方向に前述した関数ｇ′によりフィルタリング処理を行う。すなわち、関数ｇ′，ｈ′による加算ウェーブレット変換係数信号VV_{N-1}′，VW_{N-1}の副走査方向に並ぶ一列の画素ごとのフィルタリング処理を主走査方向に一画素ずつズラしながら行い、加算ウェーブレット変換係数信号VV_{N-1}′，VW_{N-1}の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを２倍して加算することにより逆ウェーブレット変換係数信号WhN-1′を得る。

【００９４】一方、これと並列して、加算ウェーブレット変換係数信号WV_{N-1}を副走査方向に関数ｈ′により、加算ウェーブレット変換係数信号WW_{N-1}を副走査方向に関数ｇ′によりフィルタリング処理を行い、加算ウェーブレット変換係数信号WV_{N-1}，WW_{N-1}の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを２倍して加算することにより加算逆ウェーブレット変換係数信号WgN-1′を得る。

【００９５】次いで、逆ウェーブレット変換係数信号WhN-1′，WgN-1′について主走査方向に並ぶ画素間に１画素分の間隔をあける処理を行う。その後逆ウェーブレット変換係数信号WhN-1′を主走査方向に関数ｈ′により、逆ウェーブレット変換係数信号WgN-1′を主走査方向に関数ｇ′によりフィルタリング処理し、ウェーブレット変換係数信号WhN-1′，WgN-1′の逆ウェーブレット変換係数信号を得、これを２倍して加算することにより加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_{N-2}′を得る。

【００９６】以下、順次加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_i′（ｉ＝－１～Ｎ）を作成し、最終的に加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_{-1}′を得る。この最終的な加算逆ウェーブレット変換係数信号VV_{-1}′が画像信号S_1，S_2の加算画像信号Saddとなる。

【００９７】このようにして得られたウェーブレット変換係数信号VV_{-1}′は画像処理手段22で所定の画像処理が施され、再生手段23において放射線画像の再生に供せられる。

【００９８】この再生手段は、ＣＲＴ等のディスプレイ手段でもよいし、感光フイルムに光走査記録を行う記録装置であってもよい。

【００９９】このようにして、２つの画像信号S_1，S_2をウェーブレット変換し、複数の周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号を得、各周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号について、高周波数帯域の係数信号については上側の蓄積性蛍光体シートから得られた画像信号の重み付け係数を下側の蓄積性蛍光体シートから得られた画像信号の重み付け係数よりも大きくすることにより、下側の蓄積性蛍光体シートから得られた画像信号に含まれるノイズ成分が低減された加算ウェーブレット変換係数信号が得られるため、各加算ウェーブレット変換係数信号を逆ウェーブレット変換することにより得られる加算信号を再生することにより、ノイズ成分が低減された高画質の再生画像を得ることができる。

【０１００】なお、上述した実施例においては、ウェーブレット変換を行うための関数ｈ，ｈ′として表１に示すものを用いたが、これに限定されるものではなく以下に示す表２、表３に示すものを用いてもよい。

【０１０１】

【表２】

21　　22

n	0	±1	±2	±3	±4
$2^{-1/2}h$	0.6	0.25	-0.05	0	0
$2^{-1/2}h'$	17/28	73/280	-3/56	-3/280	0

【0102】　　＊　＊【表3】

n	0	±1	±2	±3	±4
$2^{-1/2}h$	45/64	19/64	-1/8	-3/64	3/128
$2^{-1/2}h'$	1/2	1/4	0	0	0

【0103】また、これ以外にもウェーブレット変換を行うことのできる関数であれば、いかなる関数を用いてもよく、例えば双直交ではなく対称ではないが直交するものを用いてもよい。

【0104】さらに、表1，2および3に示すようにn－0の軸に関して左右対称な関数のみではなく、n－0の軸に関して左右非対称な関数を用いてウェーブレット※

$$g[n]=g'[-n]$$
$$h[n]=h'[-n]$$

但し、[－n]は左右反転を表す。

【0105】となる。

【0106】また、上述した実施例においては、ウェーブレット変換により画像信号S_1，S_2を複数の周波数帯域の変換係数信号に分解しているが、サブバンド変換により画像信号S_1，S_2を複数の周波数帯域の変換係数信号に分解するようにしてもよい。サブバンド変換は、ウェーブレット変換が1種類の関数により画像信号をフィルタリングすることにより複数の周波数帯域ごとの変換係数信号を順次得るのに対し、周期が異なる複数の関数により画像信号をフィルタリング処理することにより1度の処理で複数の周波数帯域ごとの変換係数信号を得るものである。

【0107】例えば、上述した実施例においては、関数g，hにより画像信号をフィルタリング処理することにより複数の周波数帯域ごとの画像信号を得るようにしているが、サブバンド変換は図11に示すように画像信号S_1をサブバンド変換する場合は、関数g，hの周期が2倍，4倍，……2^n倍となる複数の周波数g_1，h_1、、g_2，h_2、……、g_N，h_Nにより画像信号S_1をフィルタリング処理することにより複数の周波数帯域ごとの係数信号WW_{U1}～WW_{UN}，WV_{U1}～WV_{UN}，VW_{U1}～VW_{UN}，VV_{U1}～VV_{UN}を得ることができ、また同様にして画像信号S_2についての複数の周波数帯域ごとの係数信号WW_{L1}～WW_{LN}，WV_{L1}～WV_{LN}，VW_{L1}～VW_{LN}，VV_{L1}～VV_{LN}を得ることができる。

【0108】そしてこのようにして得られた各周波数帯域ごとの係数信号に対し、前述したウェーブレット変換の場合と同様に重み付け係数を周波数帯域ごとに変化させて周波数帯域ごとに係数信号の重み付け加算を行って★

※変換を行うようにしてもよいものである。このように左右非対称な関数を用いてウェーブレット変換を行った場合は、ウェーブレット変換を行った関数をn＝0の軸に関して左右を反転させた関数を用いて逆ウェーブレット変換を行うものである。すなわち、左右非対称な関数g，hについて、逆ウェーブレット変換を行う関数g′，h′は、

…(12)

★加算係数信号を得、この加算係数信号を逆サブバンド変換することにより、ウェーブレット変換の場合と同様に、重み付け加算がなされた加算信号Saddを得ることができる。

【0109】さらに、上述した実施例においては、ウェーブレット変換、サブバンド変換により画像信号を複数の周波数帯域ごとの画像信号に変換するようにしているが、フーリエ変換により画像信号を複数の周波数帯域ごとの画像信号に変換するようにしてもよいものである。但し、フーリエ変換は例えば図12に示すように複数周波数帯域の長いフィルタを用いる必要があり、たとえ高速フーリエ変換法を用いても、短いフィルタにより画像信号を分解することができるウェーブレット変換、サブバンド変換の方が、本発明を実施するための装置の構成を簡易なものとすることができる。

【0110】なお、前述した蓄積性蛍光体シートに照射される放射線量によっても得られる画像の周波数依存特性が異なるので、読取装置から読取り時の中心線量を得、線量別に保持している加算比テーブルを参照して周波数帯域ごとの画像信号の加算比を決定するようにしてもよい。

【0111】また、上述したウェーブレット変換、あるいはサブバンド変換により得られた変換係数信号は、元の画像信号を縮小した画像信号となっており、例えば、人間の胸部の撮影により得られた画像信号をウェーブレット変換あるいはサブバンド変換した変換係数信号は図13に示すように、原画像を縮小した画像のようなものとなっている。このような胸部画像においては、観察の対象となるのは蓄積性蛍光体シートへの到達線量が大きい各変換係数における肺野部（係数信号WW_1に対応する

位置における肺野部30）である。また、上述したように画像の周波数依存特性は蓄積性蛍光体シートに照射される放射線の量によっても異なるものである。したがって、ウェーブレット変換、サブバンド変換により得られた変換係数信号について、例えばヒストグラム解析等を行い、画像内における部位ごとの放射線の到達線量を求め、到達線量の大きい部位を表す変換係数信号の重み付け係数を、到達線量の小さい部位を表す変換係数信号に比して大きくすることにより、観察読影適性に優れた画像を得ることができる。すなわち、各変換係数信号について到達線量を求め、到達線量の大きい肺野部の画素に対応する係数信号については、重み付け係数を大きくする。例えば、図13に示す係数信号WW_{U1}においては、肺野部30については係数信号WW_{L1}との重ね合せの比を２：１とし、肺野部３Ｄ以外の部分31においては１：１とするように、重要な観察領域である到達線量の大きい肺野部30についての重み付け係数にさらに重み付けをして係数信号の加算を行うようにすればよい。

【０１１２】このように、画像信号の部位にも依存して加算時の重み付け係数を変化させることにより、到達線量ごとに重み付け係数を変えた加算信号を得ることができ、より観察読影適性に優れた高画質の画像を得ることができる。

【０１１３】また、上述した実施例においては、図１に示すように、２枚の蓄積性蛍光体シート４Ａ，４Ｂに放射線画像を蓄積記録し、各シート４Ａ，４Ｂから得られた画像信号を加算するようにしているが、図14に示すように、１枚の蓄積性蛍光体シート４Ａに被写体１の放射線画像を蓄積記録し、図15に示すようにこの蓄積性蛍光体シート４Ａの両面から重ね合せるべき画像信号を得るようにしてもよい。以下この両面読取りの詳細について説明する。

【０１１４】蓄積性蛍光体シート４Ａが、図示しないモーターにより回転せしめられるエンドレスベルト9a、9b上に配置される。このシート４Ａの上方には、励起光であるレーザ光11を発するレーザ光源10と、そのレーザ光11を反射偏向し、シート４Ａを主走査する図示しないモータにより回転される回転多面鏡12が配されている。さらに、レーザ光11が走査される位置の上方には、そのレーザ光11の走査により発せられる輝尽発光光を上方より集光する集光ガイド14a が近接して配置され、その位置の下方には、輝尽発光光を下方より集光する集光ガイド14b がシート４Ａと垂直に配置されている。各集光ガイド14a ，14b は、それぞれ輝尽発光光を光電的に検出するフォトマルチプライヤ（光電子増倍管）15a ，15b が接続されている。このフォトマルチプライヤ15a ，15b は対数増幅器16a ，16b に接続され、さらにこの対数増幅器16a ，16b は、Ａ／Ｄ変換器17a ，17b に接続され、各Ａ／Ｄ変換器17a ，17b は記憶装置18に接続されている。

【０１１５】被写体の放射線画像が蓄積記録された蓄積性蛍光体シート４Ａがエンドレスベルト9a，9b上にセットされる。この所定位置にセットされた蓄積性蛍光体シート４Ａは、エンドレスベルト9a，9bにより、矢印Ｙ方向に搬送（副走査）される。一方、レーザ光源10から発せられたレーザ光11は図示しないモータにより駆動され矢印方向に高速回転する回転多面鏡12によって反射偏向され、シート４Ａに入射し副走査の方向（矢印Ｙ方向）と略垂直な矢印Ｘ方向に主走査する。このレーザ光11が照射されたシート４Ａの箇所からは、蓄積記録されている放射線画像情報に応じた光量の輝尽発光光13a ，13b（ここで、輝尽発光光13a ，13b はそれぞれシート４Ａの上方、下方から発散されたものを示す）が発散される。この輝尽発光光13a は集光ガイド14a によって導かれ、フォトマルチプライヤ（光電子増倍管）15a によって光電的に検出される。入射端面から集光ガイド14a 内に入射した輝尽発光光13a は、集光ガイド14a の内部を全反射を繰り返して進み、出射端面から出射してフォトマルチプライヤ15a に受光され、放射線画像を表す輝尽発光光13a の光量がフォトマルチプライヤ15a によって電気信号に変換される。同様に、輝尽発光光13b は集光ガイド14b によって導かれ、フォトマルチプライヤ（光電子増倍管）15b によって光電的に検出される。

【０１１６】フォトマルチプライヤ15a から出力されたアナログ出力信号S_A は対数増幅器16a で対数的に増幅されてＡ／Ｄ変換器17a に入力され、ここでデジタル画像信号S_1 に変換されて記憶媒体18に入力される。また同様に、フォトマルチプライヤ15b から出力されたアナログ出力信号S_B は対数増幅器16b で対数的に増幅されてＡ／Ｄ変換器17b に入力され、ここでデジタル画像信号S_2 に変換されて記憶媒体18に入力される。これら２つの画像信号S_1 ，S_2 は、ウェーブレット変換、サブバンド変換あるいはフーリエ変換により複数の周波数帯域ごとの係数信号に分解され、前述した実施例と同様に蓄積性蛍光体シート４Ａの上側から得られた画像信号S_1 の高周波数帯域の係数信号の重み付け係数を、蓄積性蛍光体シート４Ａの下側から得られた画像信号S_2 の高周波数帯域の係数信号の重み付け係数に比して大きくして各周波数帯域ごとの係数信号が加算され、加算された加算係数信号は逆ウェーブレット変換、逆サブバンド変換あるいは逆フーリエ変換される。このようにして得られた加算信号を再生することにより、前述した実施例と同様にノイズ成分が低減された高画質の再生画像を得ることができる。

【０１１７】なお、上述した両面読取りの実施例では、１つのレーザ光源10から発生せられたレーザ光11により蓄積性蛍光体シート４Ａを走査するようにしているが、これに限定されるものではなく、図16に示すように蓄積性蛍光体シート４Ａの表面側、裏面側にそれぞれレーザ光源10a ，10b 、回転多面鏡12a ，12b をそれぞれ設

け、蓄積性蛍光体シート４Ａの両面にレーザ光11a，11bを走査して輝尽発光光を読み取って２つの画像信号を得るようにしてもよい。

【０１１８】また、両面読取りの実施例により得られた画像信号S_1，S_2にウェーブレット変換、サブバンド変換を施す場合は、前述した実施例と同様に、画像信号の部位に依存して係数信号の加算時の重み付け係数を変化させることができ、これにより画像信号の到達線量ごとに重み付け係数を変えた信号を得ることができ、より観察読影適性に優れた高画質の画像を得ることができる。

【０１１９】なお、上述した実施例においては、Ａ／Ｄ変換器17，17a，17bによりデジタル化された画像信号S_1，S_2についてウェーブレット変換、フーリエ変換により各画像信号S_1，S_2の周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくする処理を施すようにしているが、これに限定されるものではなく、図２，図15あるいは図16に示す放射線画像読取装置により蓄積性蛍光体シート４Ａ，４Ｂから得られたアナログの出力信号S_A，S_Bに対して上記処理を施すようにしてもよいものである。

【０１２０】以下、アナログの出力信号S_A，S_Bに対して上記処理を施す実施例について説明する。

【０１２１】図17はアナログの出力信号S_A，S_Bに対して上記処理を施す実施例を説明するための図である。図17に示すように、上述した図２，図15あるいは図16に示す放射線画像読取装置により蓄積性蛍光体シート４Ａ，４Ｂから得られたアナログの出力信号S_A，S_Bは対数変換器16a，16bに入力される。対数変換器16a，16bにおいて対数増幅された出力信号S_A，S_Bは、周波数処理回路40a，40bに入力される。周波数処理回路40a，40bにおいては、以下に示す処理がなされる。

【０１２２】ここで、上述したような蓄積性蛍光体シートの両面集光により画像信号を得る場合のシートの下側（放射線源よりも遠い側）から得られた画像信号、あるいはシートを重ね合せて放射線画像を記録した場合の放射線源より遠い側から得られた画像信号の高周波成分は、散乱光等のノイズ成分が多く含まれているため、この下側のシートから得られた画像信号の高周波数成分に乗じる重み付け係数を上側のシートから得られた画像信号の高周波数成分に乗じる重み付け係数に比して小さくすることにより、ノイズ成分が低減された重ね合せ信号を得ることができる。したがって周波数処理回路40aにおいては図18に示すフィルタにより、出力信号S_Aの高周波成分を強調するフィルタリング処理を行い、周波数処理回路40bにおいては、図19に示すフィルタにより、出力信号S_Bの高周波成分を低減させるフィルタリング処理を行う。なお、出力信号S_A，S_Bはアナログ信号であるため、出力信号S_A，S_Bの主走査方向についてのみ上記フィルタリング処理がなされるものである。

【０１２３】このようにして、周波数処理回路40a，40bにおいて周波数処理がなされた出力信号S_A，S_Bは、エリアジング除去フィルタ41a，41bによりエリアジングによる誤差が除去されてＡ／Ｄ変換器17a，17bに入力されて、デジタルの画像信号S_1，S_2に変換される。このようにして得られたデジタルの画像信号S_1，S_2は加算され、上述した実施例と同様にして加算信号Saddに対して画像処理手段において所定の画像処理が施され、再生手段において可視像として再生される。

【０１２４】なおここで図18，19に示すフィルタはデジタルの画像信号S_1，S_2が加算したときの加算信号SaddのＤＱＥが最高となるように、加算比が、１サイクル／ｍｍにおいてはS_A：S_B＝0.5：0.5、２サイクル／ｍｍにおいては0.7：0.3、３サイクル／ｍｍにおいては0.9：0.1となるように設定されている。このことは、出力信号S_Bに対してフィルタリング処理を施すための周波数処理回路40b、エリアジング除去フィルタ41b等の手段のレスポンスは、出力信号S_Bの３サイクル／ｍｍ程度の高周波成分においては、低周波成分（１サイクル／ｍｍ）と比べて20％程度でよいことを表している。したがって、周波数処理回路40b、エリアジング除去フィルタ41b等の出力信号S_Bを処理する手段は、通常の読取りを行う装置に用いられている手段よりも狭い処理可能帯域の回路で十分に処理可能となる。

【０１２５】このように、アナログの出力信号S_A，S_Bに対して出力信号S_A，S_Bの周波数特性に応じて信号対ノイズ比の低い周波数成分の重み付け係数を信号対ノイズ比の高い周波数成分の重み付け係数に比して相対的に小さくする処理を施すことにより、デジタルの画像信号S_1，S_2に対して上記処理を施す場合と同様に、加算信号は全周波数帯域に亘って信号対ノイズ比の高いものとなり、この加算信号を再生することにより、高画質の重ね合せ画像を得ることができる。また、出力信号S_Bの高周波成分を十分に低減させることにより、エリアジング除去フィルタ41bのカットオフ周波数を下げることができ、Ａ／Ｄ変換器17bによりＡ／Ｄ変換する際のエリアジングをより低減することができる。さらに、出力信号S_Bのログアンプ、エリアジング除去フィルタを構成するパーツにそれほど高速処理を必要としなくなるため、高速処理を行うことができない廉価のオペアンプ、トランジスタ等のパーツを使用することができ、装置のコストを低下させることができる。

【０１２６】なお、上述したアナログ出力信号S_A，S_Bに対して処理を施す実施例においては、周波数処理回路40a，40bにより周波数処理を施すようにしているが、対数増幅器16a，16b、エリアジング除去フィルタ41a，41bの周波数特性を変化させることにより、エリアジング除去フィルタ41a，41bで行われるような出力信号S_Aの高周波成分を強調し、出力信号S_Bの高周波

成分を低減させるようにしてもよいものである。

【0127】また、上述したアナログ出力信号S_A，S_Bに対して処理を施す実施例においては、双方のアナログ出力信号S_A，S_Bに対して処理を施すようにしているが、これに限られるものではなく、いずれか一方のアナログ画像信号に対して周波数処理を施し、処理後のアナログ出力信号と、未処理のアナログ出力信号とをデジタル変換して加算を行うようにしていもよい。

【0128】上述した実施例においては、2つの画像信号を重ね合せるときに画像信号を複数の周波数帯域ごとの係数信号に分解して重み付けを行うようにしているが、これに限定されるものではなく、2つの画像信号の差分をとるエネルギーサブトラクションを行う場合であっても上述したように重み付けをすることができるものである。以下、エネルギーサブトラクションを行う画像信号の重み付けについて説明する。

【0129】図20は2枚の蓄積性蛍光体シート4A、4Bに、同一の被写体1を透過した放射線2を、それぞれエネルギーを変えて照射するいわゆる1ショットエネルギーサブトラクションを行うための撮影装置を表す図である。すなわち放射線源3に近い方に第1の蓄積性蛍光体シート4Aを配し、それと若干の距離を置いて第2の蓄積性蛍光体シート4Bを配置し、これら両シート4A、4Bの間には、銅板からなる放射線エネルギー変換用フィルター5を配置して、放射線源3を駆動させる。それにより、第1の蓄積性蛍光体シート4Aには、いわゆる軟線も含む放射線2により、一方第2の蓄積性蛍光体シート4Bには、軟線が除かれた放射線2により被写体1の放射線画像が蓄積記録される。このとき蓄積性蛍光体シート4Aと4Bとで被写体1の位置関係は同じとする。

【0130】上記のようにすると、2枚の蓄積性蛍光体シート4A、4Bには、被写体1の少なくとも一部の画像情報が互いに異なる放射線画像が記録される。

【0131】次にこれら2枚の蓄積性蛍光体シート4A、4Bから、前述した図2に示すような画像読取手段によって放射線画像を読み取り、画像を表すデジタル画像信号S_1，S_2を得る。得られた画像信号S_1，S_2は記憶媒体18に記憶される。

【0132】次に、上述のようにして得られたデジタル画像信号S_1，S_2を用いてサブトラクション処理を行う。図21はこのサブトラクション処理の概略を表す図である。まず記憶媒体18内の画像ファイル18Aと、画像ファイル18Bから、画像信号S_1，S_2が読み出され、ウェーブレット変換手段30に入力される。ウェーブレット変換手段30は入力された2つの画像信号S_1，S_2をウェーブレット変換し、前述した重ね合せの実施例と同様に、複数の周波数帯域ごとの画像信号に分解する。これにより、画像信号S_1より得られるウェーブレット変換係数信号WW_{U0}～WW_{UN}，WV_{U0}～WV_{UN}，VW_{U0}～VW_{UN}およびVV_{UN}ならびに画像信号S_2により得られるウェーブレット変換係数信号WW_{L0}～WW_{LN}，WV_{L0}～WV_{LN}，VW_{L0}～VW_{LN}およびVV_{LN}を得る。

【0133】このようにして得られたウェーブレット変換係数信号は重み付けサブトラクション手段31に入力される。重み付けサブトラクション手段31においては、ノイズ成分が多い周波数帯域の重み付け係数をノイズ成分が少ない周波数帯域の重み付け係数に比して相対的に小さくさせてサブトラクション処理がなされる。ここで、画像信号S_2の高周波数帯域の情報は、撮影時の散乱線等のノイズを含み、さらには、高周波数帯域側の情報が遠いことに起因してボケているため、2つの画像信号S_1，S_2は前述した図6(a)，(b)に示すような周波数特性を有する。したがって、2つの画像信号S_1，S_2のサブトラクション処理をする際の重み付け係数は、前述した図9に示すような重み付けテーブルに従って定められ、この重み付け係数に基づいて各ウェーブレット変換係数信号のサブトラクション処理が行われる。

【0134】すなわち、各周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号について、

$$\begin{aligned} WW_i &= t \cdot WW_{Ui} - (1-t)\, WW_{Li} \\ WV_i &= t \cdot WV_{Ui} - (1-t)\, WV_{Li} \\ VW_i &= t \cdot VW_{Ui} - (1-t)\, VW_{Li} \\ VV_i &= t \cdot VV_{Ui} - (1-t)\, VV_{Li} \end{aligned} \qquad \cdots(13)$$

により重み付けサブトラクション処理を行う。

【0135】重み付けサブトラクション手段31においてサブトラクション係数信号WW_1～WW_N，WV_1～WV_N，VW_1～VW_N，VV_1～VV_Nが得られると、各サブトラクション係数信号は逆ウェーブレット変換手段32において、前述した重ね合せの実施例と同様に逆ウェーブレット変換が施される。逆ウェーブレット変換が施されたサブトラクション信号は画像処理手段33に入力され、所定の画像処理が施された後、再生手段34に入力されて可視像として再生される。

【0136】このようにして、2つの画像信号S_1，$S_{※2}$をウェーブレット変換し、複数の周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号を得、各周波数帯域ごとのウェーブレット変換係数信号について、高周波数帯域の係数信号については上側の蓄積性蛍光体シートから得られる画像信号の重み付係数を下側の蓄積性蛍光体シートから得られた画像信号の重み付け係数よりも大きくすることにより、ノイズが低減されたサブトラクション信号が得られ、これを再生することによりノイズ成分が低減された高画質の再生画像を得ることができる。

【0137】なお、上述したサブトラクション処理の実施例では、1回の撮影によりサブトラクションすべき2

つの画像信号S_1，S_2を同時に得るいわゆる１ショット法について説明したが、これに限定されるものではなく、２枚の蓄積性蛍光体シートにエネルギー分布が異なる２種類の放射線を用いて撮影を行ういわゆる２ショット法により得られた画像信号をサブトラクション処理する場合についても、得られた画像信号を複数の周波数帯域ごとの係数信号に分解して各周波数帯域ごとの係数信号について重み付けサブトラクション処理を施すようにしてもよいものである。この場合の重み付け係数は２枚の蓄積性蛍光体シートに放射線画像を蓄積記録する際の２種類の放射線のエネルギー分布により得られるＭＴＦ等に基づいて決定すればよい。

【０１３８】さらに、上述した実施例においては、ウェーブレット変換により画像信号を複数の周波数帯域ごとの画像信号に変換するようにしているが、サブバンド変換，フーリエ変換により画像信号を複数の周波数帯域ごとの画像信号に変換するようにしてもよいものである。但し、フーリエ変換は例えば図12に示すように複数周波数帯域の長いフィルタを用いる必要があるため、短いフィルタにより画像信号を分解することができるウェーブレット変換、サブバンド変換の方が、本発明を実施するための装置の構成を簡易なものとすることができる。

【０１３９】また、上述したウェーブレット変換、あるいはサブバンド変換により得られた係数信号は、元の画像信号を縮小した画像信号となっており、例えば、人間の胸部の撮影により得られた画像信号をウェーブレット変換あるいはサブバンド変換した変換係数信号は図13に示すように、原画像を縮小した画像のようなものとなっているため、前述した重ね合せの実施例同様に画像信号の部位にも依存してサブトラクション処理時の重み付け係数を変化させるようにしてもよい。これにより画像信号の到達線量ごとに異なる重み付けをしたサブトラクション信号を得ることができ、より観察読影適性に優れた高画質の画像を得ることができる。

【０１４０】さらに、上述したエネルギーサブトラクションを行う実施例においても、図17に示すようにアナログの画像信号S_A，S_Bに対して図18，19に示すフィルタにより周波数処理を施した後に画像信号S_A，S_Bをデジタル変換し、このデジタル変換された画像信号S_1，S_2に対してサブトラクション処理を施すようにしてもよいものである。

【０１４１】また、双方のアナログ出力信号S_A，S_Bに対して処理を施すのみならず、いずれか一方のアナログ画像信号に対して周波数処理を施し、処理後のアナログ出力信号と、未処理のアナログ出力信号をデジタル変換してサブトラクション処理を施すようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による画像重ね合せ方法の実施例における蓄積性蛍光体シートへの放射線画像の記録を説明するための図

【図２】蓄積性蛍光体シートからの放射線画像の読取りを行うための装置を表す図

【図３】重ね合せを行う装置の概略を表す図

【図４】ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図５】ウェーブレット変換係数信号を表す図

【図６】画像信号のＭＴＦを表す図

【図７】画像信号のウィナースペクトルを表す図

【図８】複数の周波数帯域におけるＤＱＥを表す図

【図９】重み付けテーブルを表す図

【図１０】逆ウェーブレット変換の詳細を表す図

【図１１】サブバンド変換の詳細を表す図

【図１２】フーリエ変換を行うためのフィルタを表す図

【図１３】ウェーブレット変換あるいはサブバンド変換により得られた係数信号を表す図

【図１４】１枚の蓄積性蛍光体シートの放射線画像を蓄積記録する状態を表す図

【図１５】蓄積性蛍光体シートの両面から放射線画像を読み取る装置を表す図

【図１６】蓄積性蛍光体シートの両面から放射線画像を読み取る別の装置を表す図

【図１７】アナログ出力信号に対して周波数処理を施す実施例を説明するための図

【図１８】出力信号S_Aに周波数処理を施すフィルタを表す図

【図１９】出力信号S_Bに周波数処理を施すフィルタを表す図

【図２０】本発明によるエネルギーサブトラクション方法の実施例における蓄積性蛍光体シートへの放射線画像の記録を説明するための図

【図２１】エネルギーサブトラクションを行う装置の概略を表す図

【図２２】ウェーブレット変換に用いられる基本ウェーブレット関数を表す図

【図２３】ウェーブレット変換を説明するための図

【図２４】フーリエ変換を説明するための図

【符号の説明】

1　被写体
2　放射線
3　放射線源
4A，4B　蓄積性蛍光体シート
10　レーザ光源
11　レーザ光
12　ミラー
13，13a，13b　輝尽発光光
14，14a，14b　光ガイド
15，15a，15b　フォトマルチプライヤ
16，16a，16b　対数変換器
17，17a，17b　Ａ／Ｄ変換器
18　記憶媒体
19，30　ウェーブレット変換手段

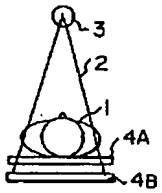
31

20　重み付け重ね合せ手段
21，32　逆ウェーブレット変換手段
22，33　画像処理手段

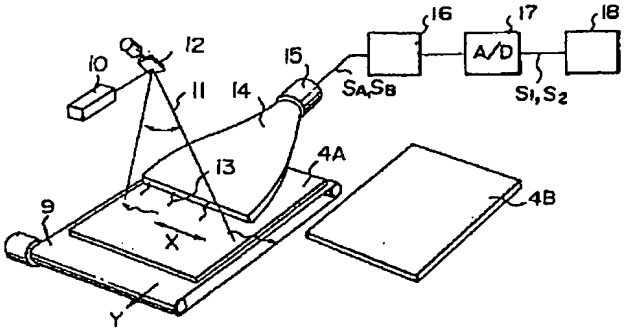
32

23，34　再生手段
40a，40b　周波数処理手段
41a，41b　エリアジング除去フィルタ

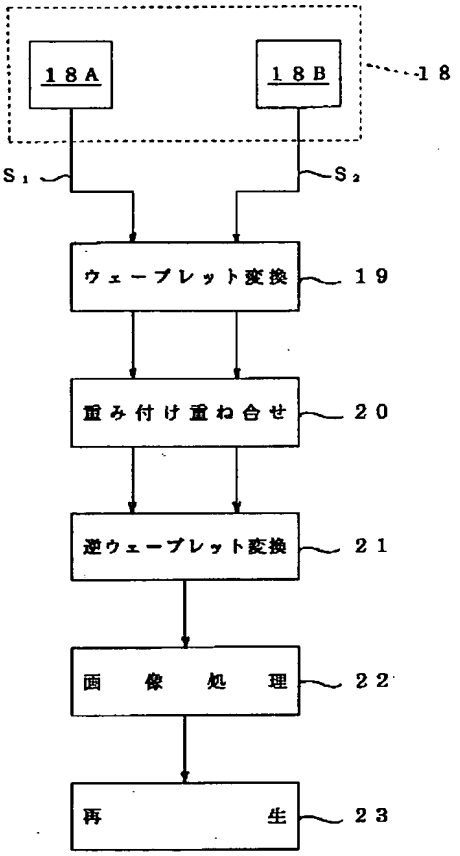
【図1】



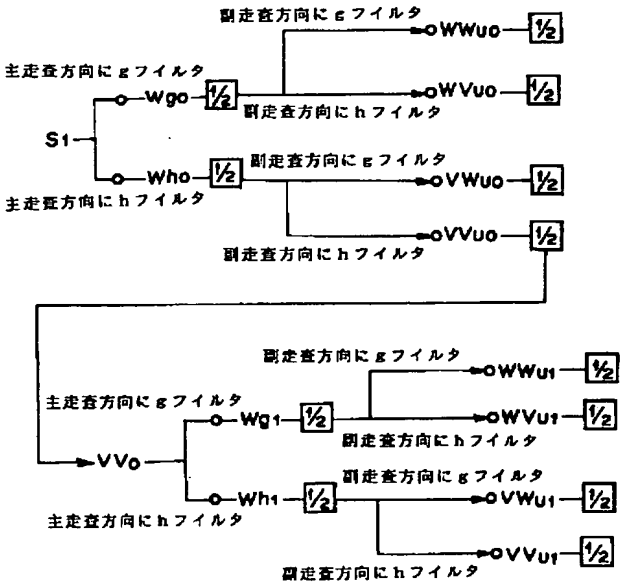
【図2】



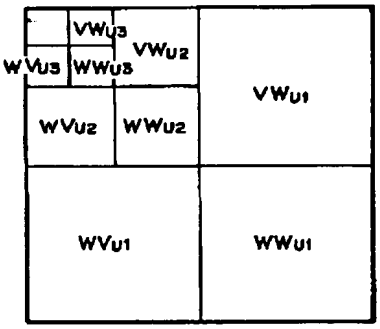
【図3】



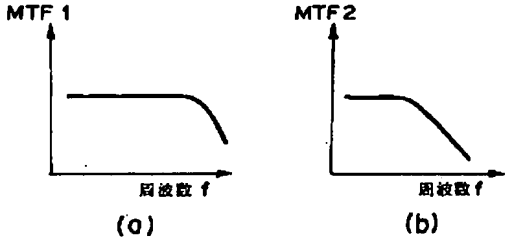
【図4】



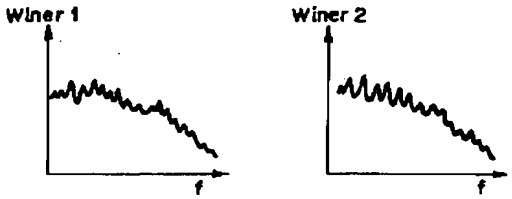
【図5】



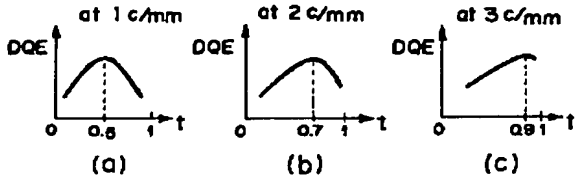
【図6】



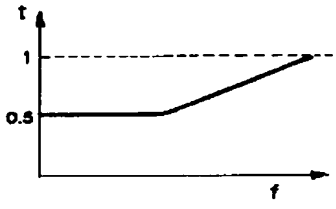
【図7】



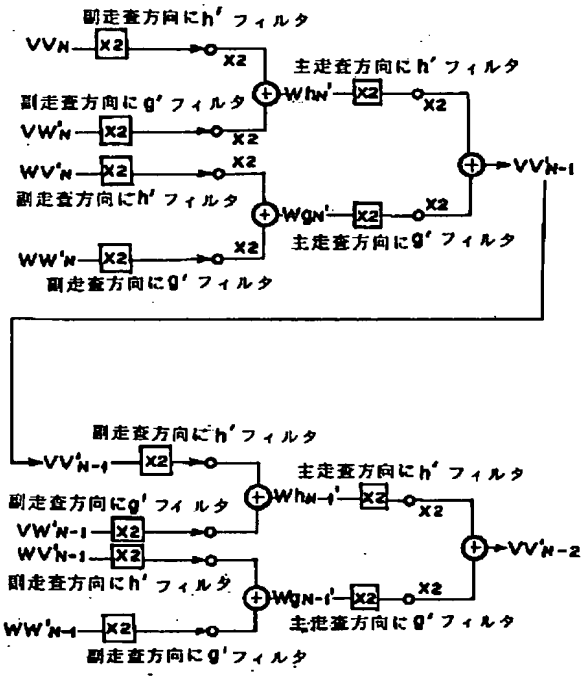
【図8】



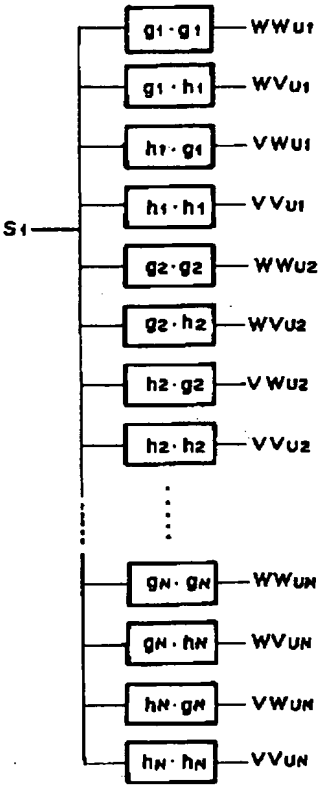
【図9】



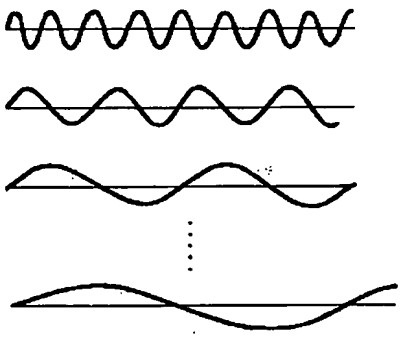
【図10】



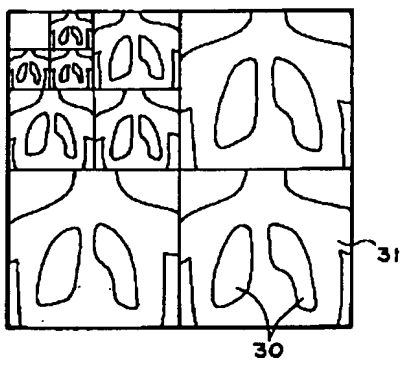
【図11】



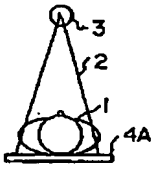
【図12】



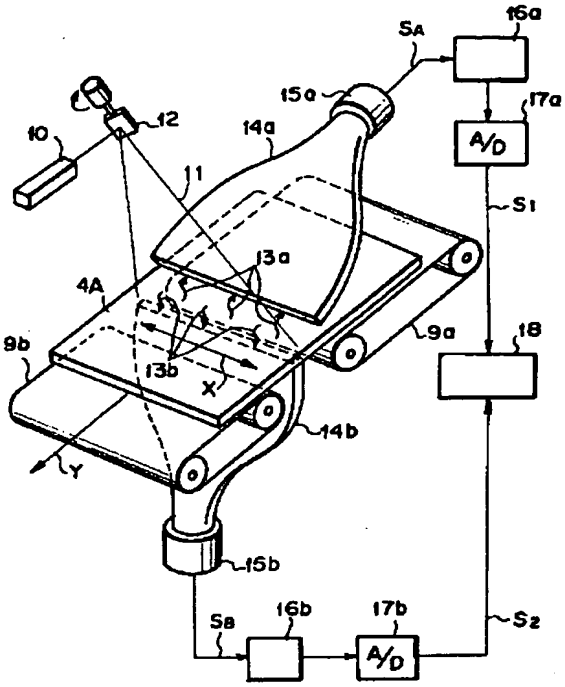
【図13】



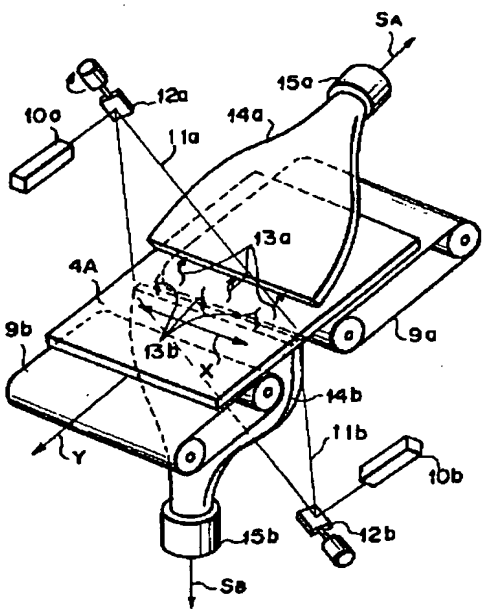
【図14】



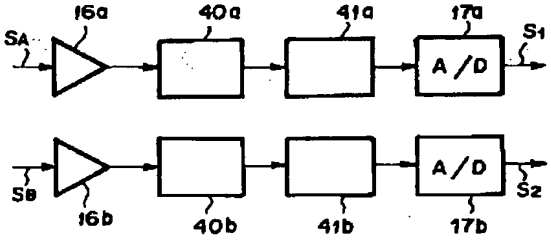
【図15】



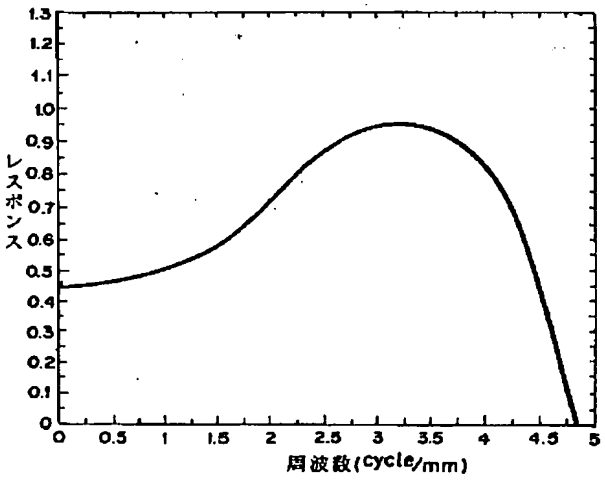
【図16】



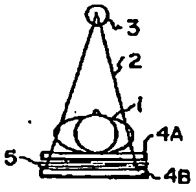
【図17】



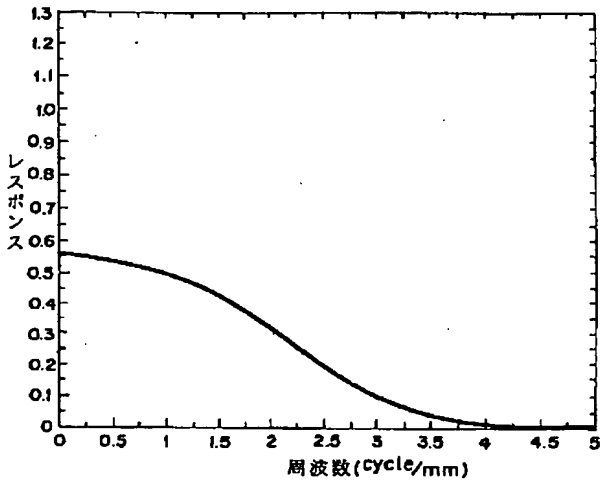
【図18】



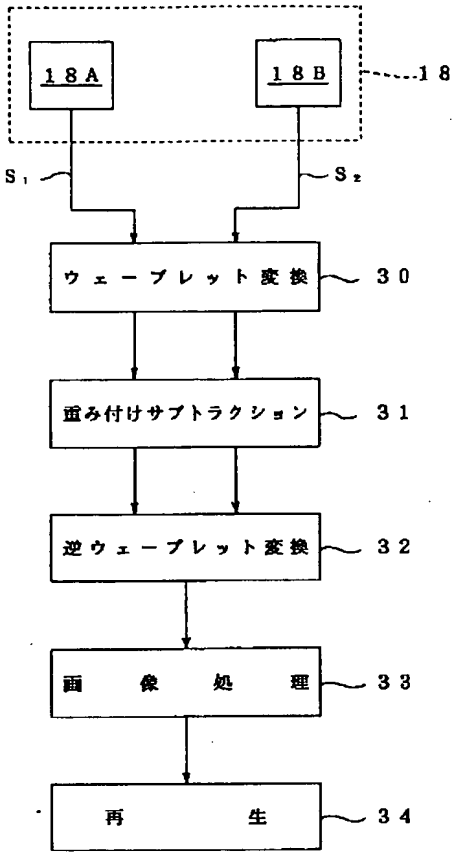
【図20】



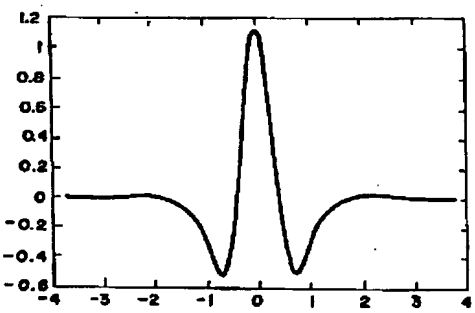
【図19】



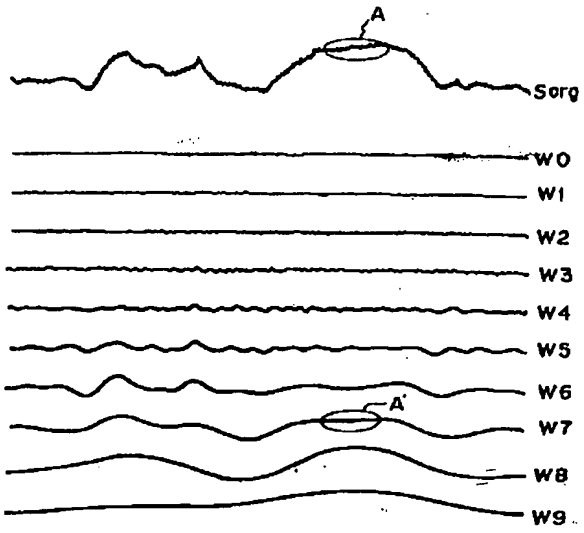
【図21】



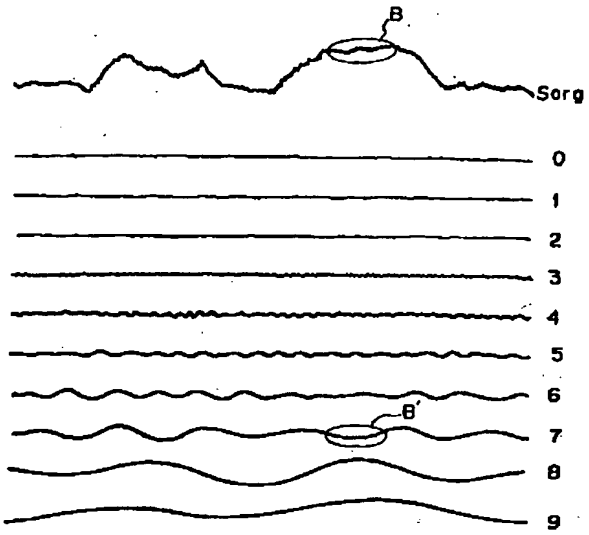
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H04N 5/325				
G01N 23/04				
G06T 1/00				
5/00				
			G06F 15/68	350